

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2003344831  
PUBLICATION DATE : 03-12-03

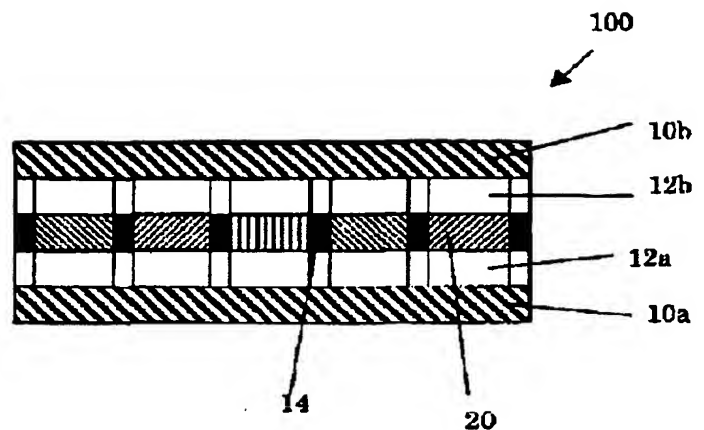
APPLICATION DATE : 23-05-02  
APPLICATION NUMBER : 2002148937

APPLICANT : SHARP CORP;

INVENTOR : TERASHITA SHINICHI;

INT.CL. : G02F 1/1334 G02F 1/01 G02F 1/061  
G02F 1/13

TITLE : DISPLAY DEVICE



**ABSTRACT :** PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a display device utilizing an optical characteristic of a photonic crystal capable of selectively taking out light of a specific wavelength with high energy efficiency.

**SOLUTION:** The display device has a plurality of pixels arranged in a matrix form, the plurality of pixels includes a 1st pixel to emit 1st color light and a 2nd pixel to emit 2nd color light different from the 1st color light, each of the plurality of pixels has a pair of electrodes (12a, 12b) and a photonic crystal layer (20) having two dimensional or three-dimensional refractive index periodic structure arranged between the pair of electrodes, the photonic crystal layer belonging to the 1st pixel modulates or emits the 1st color light according to an electric signal applied to the pair of electrodes, and the photonic crystal layer belonging to the 2nd pixel modulates or emits the 2nd color light according to an electric signal applied to the pair of electrodes.

COPYRIGHT: (C)2004,JPO

BEST AVAILABLE COPY

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-344831

(43)Date of publication of application : 03.12.2003

(51)Int.Cl. G02F 1/1334  
G02F 1/01  
G02F 1/061  
G02F 1/13

(21)Application number : 2002-148937

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 23.05.2002

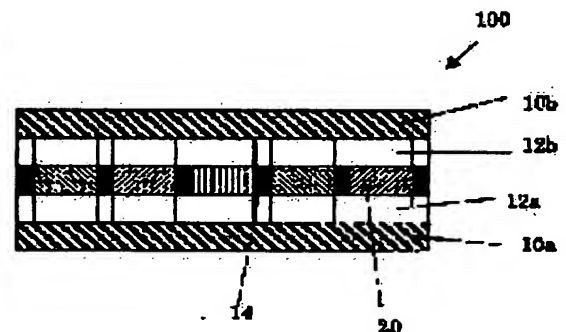
(72)Inventor : TERASHITA SHINICHI

## (54) DISPLAY DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a display device utilizing an optical characteristic of a photonic crystal capable of selectively taking out light of a specific wavelength with high energy efficiency.

**SOLUTION:** The display device has a plurality of pixels arranged in a matrix form, the plurality of pixels includes a 1st pixel to emit 1st color light and a 2nd pixel to emit 2nd color light different from the 1st color light, each of the plurality of pixels has a pair of electrodes (12a, 12b) and a photonic crystal layer (20) having two dimensional or three-dimensional refractive index periodic structure arranged between the pair of electrodes, the photonic crystal layer belonging to the 1st pixel modulates or emits the 1st color light according to an electric signal applied to the pair of electrodes, and the photonic crystal layer belonging to the 2nd pixel modulates or emits the 2nd color light according to an electric signal applied to the pair of electrodes.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-344831

(P2003-344831A)

(43) 公開日 平成15年12月3日 (2003. 12. 3)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
G 0 2 F	1/1334	G 0 2 F	1/1334
	1/01		1/01
	1/061		1/061
	1/13		1/13
	5 0 3		5 0 3
	5 0 5		5 0 5
			2 H 0 7 9
			D 2 H 0 8 8
			2 H 0 8 9

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2002-148937 (P2002-148937)

(22) 出願日 平成14年5月23日 (2002. 5. 23)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 寺下 慎一

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 100101683

弁理士 奥田 誠司

Fターム (参考) 2H079 AA02 AA11 AA13 BA01 BA04

CA02 DA02 DA08 EA13

2H088 EA44 GA03 GA04 GA10

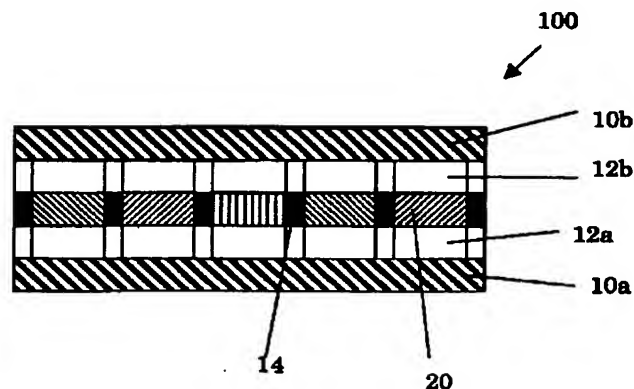
2H089 HA04 KA04 SA02 UA09

(54) 【発明の名称】 表示装置

(57) 【要約】

【課題】 高いエネルギー効率で選択的に特定の波長の光を取り出すことができるというフォトニック結晶の光学特性を利用した表示装置を提供する。

【解決手段】 マトリクス状に配列された複数の画素を有し、複数の画素は第1色光を出射する第1画素と、第1色光と異なる第2色光を出射する第2画素とを含み、複数の画素のそれぞれは、一対の電極 (12a、12b) と、一対の電極間に設けられた2次元または3次元の屈折率周期構造を有するフォトニック結晶層 (20) とを有し、第1画素が有するフォトニック結晶層は、一対の電極に印加される電気信号に応じて第1色光を変調または発光し、第2画素が有するフォトニック結晶層は、一対の電極に印加される電気信号に応じて第2色光を変調または発光する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 マトリクス状に配列された複数の画素を有し、前記複数の画素は第1色光を出射する第1画素と、前記第1色光と異なる第2色光を出射する第2画素とを含み、

前記複数の画素のそれぞれは、一対の電極と、前記一対の電極間に設けられた2次元または3次元の屈折率周期構造を有するフォトニック結晶層とを有し、

前記第1画素が有する前記フォトニック結晶層は、前記一対の電極に印加される電気信号に応じて前記第1色光を変調または発光し、前記第2画素が有する前記フォトニック結晶層は、前記一対の電極に印加される電気信号に応じて前記第2色光を変調または発光する、表示装置。

【請求項2】 前記第1画素の前記フォトニック結晶層は第1周期の第1屈折率周期構造を有し、前記第2画素の前記フォトニック結晶層は前記第1周期と異なる第2周期の第2屈折率周期構造を有し、請求項1に記載の表示装置。

【請求項3】 前記複数の画素は前記第1色光および第2色光と異なる第3色光を出射する第3画素をさらに含み、前記第3画素が有する前記フォトニック結晶層は、前記一対の電極に印加される電気信号に応じて前記第3色光を変調または発光し、前記第3画素の前記フォトニック結晶層は前記第1周期および第2周期と異なる第3周期の第3屈折率周期構造を有する、請求項2に記載の表示装置。

【請求項4】 前記第1画素、前記第2画素および前記第3画素は、並列配置されており、空間混色法によってカラー表示を行う、請求項3に記載の表示装置。

【請求項5】 前記複数の画素は、それぞれが前記第1画素、前記第2画素および前記第3画素が積層された複数のカラー表示画素を有し、時間混色法によってカラー表示を行う、請求項3に記載の表示装置。

【請求項6】 前記第1色光は赤色光、前記第2色光は緑色光、前記第3色光は青色光であって、前記フォトニック結晶層は、液晶材料と光硬化性樹脂とによって形成された前記屈折率周期構造を有し、

前記第1周期は495nm以上550nm以下の範囲内にあり、前記第2周期は590nm以上780nm以下の範囲内にあり、前記第3周期は565nm以上580nm以下の範囲内にあり、

白色光を前記フォトニック結晶層で変調することによって透過モードで表示を行う、請求項3から5のいずれかに記載の表示装置。

【請求項7】 前記第1色光は赤色光、前記第2色光は緑色光、前記第3色光は青色光であって、前記フォトニック結晶層は、液晶材料と光硬化性樹脂とによって形成された前記屈折率周期構造を有し、

前記第1周期は590nm以上780nm以下の範囲内

にあり、前記第2周期は495nm以上550nm以下の範囲内にあり、前記第3周期は450nm以上485nm以下の範囲内にあり、

周囲光を前記フォトニック結晶層で反射することによって反射モードで表示を行う、請求項3から5のいずれかに記載の表示装置。

【請求項8】 前記第1色光は赤色光、前記第2色光は緑色光、前記第3色光は青色光であって、前記フォトニック結晶層は、発光材料と光硬化性樹脂とによって形成された前記屈折率周期構造を有し、

前記第1周期は590nm以上780nm以下の範囲内にあり、前記第2周期は495nm以上550nm以下の範囲内にあり、前記第3周期は450nm以上485nm以下の範囲内にある、請求項3から5のいずれかに記載の表示装置。

【請求項9】 前記フォトニック結晶層は、オパールレプリカ型、ウッドパイル型、ダイヤモンド型および反転ダイヤモンド型の内のいずれかである、請求項1から8のいずれかに記載の表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、表示装置に関し、特に、例えば携帯情報端末機器、パーソナルコンピューター、ワードプロセッサー、アミューズメント機器、テレビジョン装置に好適に用いられる表示装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】現在、液晶表示装置、PDPや有機EL表示装置など、CRTに代わる表示装置が開発され、利用が広まりつつある。しかしながら、これらの表示装置には、それぞれの動作原理（動作モード）や用いる材料に起因する欠点がある。

【0003】例えば、液晶表示装置は液晶分子の光学異方性を利用するので、表示品位が視野角に依存するという問題がある。そこで、液晶分子の配向を制御することによって視野角特性を改善した表示モード（例えばIPSモードやMVAモード）が開発されている。しかしながら、液晶分子の電界に対する応答速度が遅いため、充分な動画表示特性を実現することが難しい。また、PDPや有機EL表示素子は、発光効率が低い、あるいは、寿命が短いといった問題を有している。

【0004】一方、近年、フォトニック結晶を用いた種々の光学素子が提案されている。フォトニック結晶は、屈折率（誘電率）が異なる2種類以上の物質を、光の波長程度またはそれ以下のサイズで2次元あるいは3次元周期的に配列させた人工的な誘電体格子の光学材料で、格子間隔と同程度の波長を持つ電磁波は回折（ブラッグ反射）により完全反射される。格子間の屈折率差が広がると、反射されて結晶内を伝播できない波長領域（周波数領域）が拡大し、光が伝搬できない波長域（フォトニックバンドギャップ）を形成する。三次元的にどの方向

も伝播できない場合は、完全バンドギャップが形成され、ダイヤモンド格子やある種の面心立方格子などで実現できる。このようなフォトリックバンドギャップを有するフォトリック結晶中に（周期構造の）欠陥を導入すると、その部分に光が完全に閉じ込められるために、極端に低い電流で動作する半導体レーザー等の光デバイスの実現が期待されている。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述のフォトリック結晶と液晶とを利用した表示装置の可能性が提案されている（例えば、吉野ら、2001年 液晶討論会、講演要旨集、2D06、163～164頁）が、表示装置の具体的な構造や駆動方法などは提案されていない。

【0006】本発明は、上記諸点に鑑みてなされたものであり、フォトリック結晶の高いエネルギー効率で選択的に特定の波長の光を取り出すことができるという光学特性を利用した表示装置を提供することを目的とする。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の表示装置は、マトリクス状に配列された複数の画素を有し、前記複数の画素は第1色光を出射する第1画素と、前記第1色光と異なる第2色光を出射する第2画素とを含み、前記複数の画素のそれぞれは、一対の電極と、前記一対の電極間に設けられた2次元または3次元の屈折率周期構造を有するフォトリック結晶層とを有し、前記第1画素が有する前記フォトリック結晶層は、前記一対の電極に印加される電気信号に応じて前記第1色光を変調または発光し、前記第2画素が有する前記フォトリック結晶層は、前記一対の電極に印加される電気信号に応じて前記第2色光を変調または発光する構成を備えることを特徴とする。

【0008】ある実施形態において、前記第1画素の前記フォトリック結晶層は第1周期の第1屈折率周期構造を有し、前記第2画素の前記フォトリック結晶層は前記第1周期と異なる第2周期の第2屈折率周期構造を有する。

【0009】好ましい実施形態の表示装置は、前記複数の画素は前記第1色光および第2色光と異なる第3色光を出射する第3画素をさらに含み、前記第3画素が有する前記フォトリック結晶層は、前記一対の電極に印加される電気信号に応じて前記第3色光を変調または発光し、前記第3画素の前記フォトリック結晶層は前記第1周期および第2周期と異なる第3周期の第3屈折率周期構造を有する。

【0010】前記第1画素、前記第2画素および前記第3画素は、並列配置されており、空間混色法によってカラー表示を行う構成とすることができる。

【0011】あるいは、前記複数の画素は、それぞれが前記第1画素、前記第2画素および前記第3画素が積層された複数のカラー表示画素を有し、時間混色法によ

ってカラー表示を行う構成としても良い。

【0012】ある実施形態の表示装置は、前記第1色光は赤色光、前記第2色光は緑色光、前記第3色光は青色光であって、前記フォトリック結晶層は、液晶材料と光硬化性樹脂とによって形成された前記屈折率周期構造を有し、前記第1周期は495nm以上550nm以下の範囲内にあり、前記第2周期は590nm以上780nm以下の範囲内にあり、前記第3周期は565nm以上580nm以下の範囲内にあり、白色光を前記フォトリック結晶層で変調することによって透過モードで表示を行う。

【0013】他の実施形態の表示装置は、前記第1色光は赤色光、前記第2色光は緑色光、前記第3色光は青色光であって、前記フォトリック結晶層は、液晶材料と光硬化性樹脂とによって形成された前記屈折率周期構造を有し、前記第1周期は590nm以上780nm以下の範囲内にあり、前記第2周期は495nm以上550nm以下の範囲内にあり、前記第3周期は450nm以上485nm以下の範囲内にあり、周囲光を前記フォトリック結晶層で反射することによって反射モードで表示を行う。

【0014】さらに他の実施形態の表示装置は、前記第1色光は赤色光、前記第2色光は緑色光、前記第3色光は青色光であって、前記フォトリック結晶層は、発光材料と光硬化性樹脂とによって形成された前記屈折率周期構造を有し、前記第1周期は590nm以上780nm以下の範囲内にあり、前記第2周期は495nm以上550nm以下の範囲内にあり、前記第3周期は450nm以上485nm以下の範囲内にある。

【0015】前記フォトリック結晶層は、オパールレプリカ型、ウッドパイル型、ダイヤモンド型および反転ダイヤモンド型のいずれかであることが好ましい。

#### 【0016】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら、本発明による実施形態の表示装置の構造と動作を説明する。

【0017】図1は、本発明による実施形態の表示装置100を示す模式的な断面図である。

【0018】表示装置100は、マトリクス状に配列された複数の画素を有し、複数の画素は第1色光を出射する第1画素と、第1色光と異なる第2色光を出射する第2画素とを含み、カラー表示を行うことができる。典型的には、第3色光を出射する第3画素を含み、フルカラー表示する。表示装置100は、互いに異なる色光を出射する複数の画素が、マトリクス状に並列配置されており、空間混色法によってカラー表示を行う。

【0019】それぞれの画素は、基板10aおよび10b上に形成された電極12aおよび12bと、電極12aおよび12bの間に設けられたフォトリック結晶層20とを有している。一対の電極12aおよび12bは、一対の基板10aおよび10b上に形成されている。勿

論、基板10aおよび10bのフォトニック結晶層20側には、電極12aおよび12bに、所定の電圧または電流を所定のタイミングで供給するための配線、スイッチング素子（例えばTFT）および駆動回路（いずれも不図示）を必要に応じて有している。勿論、スイッチング素子を省略することもできるし、駆動回路は基板10aおよび10bと別途設けても良い。このようなフォトニック結晶層20に電気信号を供給するための具体的な構成は、公知のアクティブマトリクス型表示装置の構成を採用することができるので、ここでは説明を省略する。また、画素間の混色を抑制するために隣接する画素のフォトニック結晶層20の間にブラックマトリクス（遮光層）を設けた構成を例示しているが、省略しても良いし、電極12bの間にブラックマトリクス14を設けても良い。

【0020】フォトニック結晶層20は、2次元または3次元の屈折率周期構造を有し、一对の電極12aおよび10bに印加される電気信号（電圧または電流）に応じて、所定の色光を変調または発光する。フォトニック結晶層20が、光を変調する機能を有する場合（実施形態1で例示する）、フォトニック結晶層20に光を供給するための照明素子（不図示）をさらに有する。照明素子としては、公知の液晶表示装置に用いられている白色光源（蛍光管などのバックライト）を用いることができる。

【0021】フォトニック結晶層20は、それぞれの画素の色光に対応した屈折率周期構造を有することが好ましい。例えば、バックライトから出射される白色光を変調することによって透過モードで表示を行う表示装置においては、フォトニック結晶層20は、屈折率周期構造の周期と同程度の波長の光を反射（ブラッグ反射）するので、それぞれの画素の色光と補色関係となる色光を反射するように、周期を調整する。例えば、赤色光を透過させるためには補色であるシアン波長領域495nm～550nmを反射するように、緑色光の場合は補色であるマゼンタ波長領域590nm～780nmを反射するように、青色光の場合は、補色であるイエロー波長領域565nm～580nmを反射するように、それぞれの周期を調整すればよい。一方、光を変調する機能を有するフォトニック結晶層を用いて、周囲光を反射することによって表示を行う反射型の表示装置においては、画素が出射する色光に対応する周期に調整すればよい。すなわち、赤色光を反射または発光する画素における周期は590nm～780nmに、緑色光を反射または発光する画素における周期は495nm～550nmに、青光を反射または発光する画素における周期は450nm～485nmにそれぞれ調整すればよい。また、自ら発光するフォトニック結晶層を用いる場合にも、反射型表示装置と同様に、それぞれの画素が出射する色光に対応する周期に調整すればよい。

【0022】図2に、本発明による他の実施形態の表示装置200の模式的な断面図を示す。表示装置100の構成要素と実質的に同じ構成要素を同じ参照符号で示し、その説明をここでは省略する。

【0023】表示装置200は、マトリクス状に配列された複数の画素のそれぞれが、異なる色光を変調または発光するフォトニック結晶層を有する。典型的には、赤色光を変調または発光する第1フォトニック結晶層20R、緑色光を変調または発光する第2フォトニック結晶層20G、青色光を変調または発光する第3フォトニック結晶層20Bが積層された構造を有する。この画素が時間混色法によってカラー表示を行うことが可能であり、この画素を特にカラー表示画素と呼ぶ。すなわち、表示装置200は、カラー画素がマトリクス状に配置されており、時間混色法によってカラー表示を行う。従って、表示装置200は表示装置100の3倍の精細度を有する。

【0024】なお、図2では簡単のために省略したが、フォトニック結晶層20R、20Gおよび20Bのそれぞれに電気信号を供給するための電極対を有することが好ましい。なお、フォトニック結晶層20R、20Gおよび20Bに用いる材料などによって、フォトニック結晶層20を挟むように設けられた一对の電極12aおよび12bに電気信号を供給することによって、フォトニック結晶層20R、20Gおよび20Bを個別アドレスすることもできる。例えば、電界に応答する周波数の異なる材料を用いることによって、一对の電極12aおよび12bの間に印加する電圧の周波数を変えることによって、フォトニック結晶層20R、20Gおよび20Bのうち特定のフォトニック結晶層だけを動作させることができる。

【0025】次に、本発明による実施形態の表示装置100および200のフォトニック結晶層20として好適に用いられるものを図3に示す。図3は、1つの画素を構成する一对の電極12aおよび12bの間に設けられたフォトニック結晶層20を模式的に示している。図2に示した表示装置200においては、個々のフォトニック結晶層20R、20Bおよび20Gが図3の構成を有することが好ましい。

【0026】図3(a)は、オパールレプリカ型のフォトニック結晶層20aを模式的に示している。オパールレプリカ型フォトニック結晶層は、3次元に規則的に配列された微小球の集合体から形成されるオパール構造のレプリカに対応する構造を有し、マトリクス内に微小球状の空隙が3次元的に規則的に配列された構造を有している。微小球状の空隙に、マトリクスを構成する材料と異なる屈折率を有する材料を充填することによって、フォトニック結晶が得られる。微小球状の空隙に、電界の印加によって屈折率が変化する材料（例えば液晶材料）を充填することによって、色光を変調するフォトニック結



晶層20を得ることができる。このとき、典型的には、クロスニコル状態に配置された一対の偏光板を、フォトニック結晶層20を介して互いに対向するように設ける。

【0027】また、微小球上の空隙に発光材料を充填することによって、色光を発光するフォトニック結晶層20を得ることができる。

【0028】フォトニック結晶層20aは、例えば、以下のようにして形成することができる。

【0029】それぞれの画素のフォトニック結晶層20aで出射すべき光の波長に応じた直径（例えば、透過型表示装置として用いる場合、赤色画素については495nm以上550nm以下の範囲内、緑色画素については590nm以上780nm以下の範囲内、青色画素については565nm以上580nm以下の範囲内）のSiO<sub>2</sub>微小球を用意し、これをギャップ数μmから十数μmのガラスサンドイッチセル内または容器内で沈殿させ、紫外線硬化樹脂を浸透させ硬化させる。その後、HF（フッ酸）処理によりSiO<sub>2</sub>微小球をエッチング除去することによって、樹脂によって形成されたオパールレプリカ構造22aが得られる。オパールレプリカ構造は、必要に応じて、所望の厚さまたは大きさになるように、切断加工および／または研磨加工される。

【0030】図3（b）は、ウッドパイル型フォトニック結晶層20bを模式的に示す。ウッドパイル型フォトニック結晶層20bは、四角柱22bが3次元的に規則的に配列された構造を有する。四角柱22bを構成する材料とその周囲を示す材料との屈折率を異ならせることによって、フォトニック結晶が得られる。

【0031】また、図3（c）および（d）は、それぞれダイヤモンド型、反転ダイヤモンド型のフォトニック結晶層20cおよび20dをそれぞれ示す。図3（c）および（d）は結晶の単位胞に対応する基本単位構造を模式的に示している。図3（c）に示したダイヤモンド型フォトニック結晶層20cは、ダイヤモンド結晶の格子点を結ぶように円柱状構造体（33体積％）22cが延びている。図3（d）に示した反転ダイヤモンド型フォトニック結晶は、ダイヤモンド結晶の格子点を結ぶように円柱状の空隙（67体積％）22dが延びている。これらの体積分率は必要に応じて変更できる。

【0032】図3（b）、（c）および（d）に示したフォトニック結晶層20b、20cおよび20dは、例えば、光造形法を用いて形成することができる。

【0033】液状の光硬化性樹脂の表面を所望の形状に従って、層状の加工単位ごとにレーザー光を走査しながら硬化し、硬化した部分を引き上げながら、さらに光硬化性樹脂を硬化させる操作を繰り返す。所望の形状をCADデータとして入力し、このデータに従ってレーザー光の走査および硬化物の引き上げをCAMで制御することによって、図3（b）、（c）および（d）に示した

複雑な形状を有するフォトニック結晶層を形成することができる。光硬化性樹脂としては、例えば、アクリレート系、ポリイミド系、エポキシ系、フェノール系のなど透明樹脂が好ましい。勿論、図3（a）に示したオパールレプリカ型フォトニック結晶構造を光造形法で形成することもできる。

【0034】なお、図3（a）から（d）に示したフォトニック結晶構造における空隙部分は少なくとも画素ごとに連続に形成されており、液晶材料や発光材料を容易に空隙内に導入することができる。

【0035】（実施形態1）本実施形態の表示装置は、色光を変調する機能を有するフォトニック結晶層20を備える。実施形態1の表示装置の構成は、図1に示した表示装置100および図2に示した表示装置200のいずれであってよい。

【0036】フォトニック結晶層20として、例えば、オパールレプリカ構造（図3（a）参照）のマトリクスを形成し、その空隙部分に液晶材料を充填したものを好適に用いることができる。このとき、マトリクス（例えばアクリル樹脂）の屈折率と、液晶分子の異常光に対する屈折率の比が、1.5：1.7となり、常光屈折率は、マトリクスの屈折率と略一致するように設定することが好ましい。また、オパールレプリカ構造の空隙の大きさ（球の直径）は、上述したように、透過型として用いる場合、赤色画素に対して495nm以上550nm以下の範囲内、緑色画素に対して590nm以上780nm以下の範囲内、青色画素については565nm以上580nm以下の範囲内に設定することが好ましい。フォトニック結晶層20の厚さは、例えば5μmである。オパールレプリカ構造は、例えば、上述したSiO<sub>2</sub>の球状粒子を用いても形成しても良いし、光造形法を用いて形成しても良い。

【0037】液晶材料としては、例えば、特開2001-209035号公報に記載されている液晶材料（メルク社製ネマチック液晶ZLI1965（99.6％）、コレステリック液晶（0.3％）、カイラルスメクチックC相の強誘電液晶（0.1％）の混合物）を好適に用いることができる。このような液晶材料を用いると、偏光板を用いることなく、表示を行うことができるので、明るい表示を実現することができる。液晶材料の注入は、真空注入法、誘導注入法または滴下法によって行うことができる。

【0038】電圧無印加時のフォトニック結晶内の液晶はランダム配向であり、散乱するため、光を透過しない。このフォトニック結晶層20に電圧を印加すると、液晶分子の配向変化に伴う屈折率の変化によって、それぞれの画素に対応する波長の光（赤、緑、青）の透過率を高いコントラスト比（例えば、コントラスト比が600以上）で制御することができる。すなわち、このフォトニック結晶は、例えば上記特開2001-20903

5号公報に開示されている液晶表示装置におけるPDL C (液晶層) とカラーフィルタとの両方の機能を発現する。また、このフォトリソ結晶層を備える表示装置は、低電圧 (例えば、0V~20V) で駆動することができるので、省電力性にも優れている。

【0039】なお、上記公報には、上記液晶材料と光重合性のプレポリマーまたはモノマーとの混合物に光照射し、重合誘起相分離法によって、光シャッター層 (本実施形態のフォトリソ結晶層に対応する) を形成している。従って、液晶材料が分散する構造を規則正しい周期構造とすることは難しく、さらに、その周期をナノメートルオーダーに制御することは難しい。また、光照射によって液晶材料が光分解反応を生じてしまい、画像の焼き付きや電圧保持率低下といった不具合が発生しやすいという問題がある。これに対し、本発明の実施形態による表示装置のフォトリソ結晶層20の形成過程で液晶材料が劣化することはないので、信頼性に優れる。

【0040】また、本発明の実施形態によると、液晶材料がナノメートルオーダーの空間に閉じ込められるので、界面 (例えば、図3(a) のオパールレプリカ構造を構成するマトリクス22aの表面) からのアンカリング効果が顕在化することによって、液晶分子の電場に対する応答が速くなるため、応答時間を数十 $\mu$ secオーダーに高速化することができる。本実施形態の表示装置は高速で動作できるので、特に、図2に示した構成を採用し、時間混色法 (シーケンシャルカラーミキシング法) によってカラー表示を行うことが好ましい。

【0041】また、本実施形態の表示装置は、上述のフォトリソ結晶層20に白色光を照射するバックライトを設けて透過型表示装置とすることもできるし、あるいは、周囲光を反射して表示を行う反射型表示装置とすることもできる。反射型表示装置として用いる場合には、フォトリソ結晶層の周期 (例えば上記の $\text{SiO}_2$ の球状粒子の直径に対応) を、赤色画素については590nm以上780nm以下の範囲内に、緑色画素については495nm以上550nm以下の範囲内に、青色画素については450nm以上485nm以下の範囲内に設定すればよい。

【0042】フォトリソ結晶構造に液晶材料を浸透させたフォトリソ結晶層20を用いることによって得られる上述の効果は、ウッドパイル型、ダイヤモンド型や反転ダイヤモンド型のフォトリソ結晶構造を用いた場合においても得られる。空隙の体積が大きいと調光または発光させる領域の体積が大きくなるので、光の利用効率がさらに向上し、さらなる低消費電力化が可能になる。

【0043】なお、液晶材料としては、上記の例に限られず、他の液晶材料 (例えば、正の誘電異方性を有するネマチック液晶材料) を用いることができる。また、液晶材料や動作モードに応じて、フォトリソ結晶層20

の両側に偏光板を設けてもよい。

【0044】 (実施形態2) 本実施形態の表示装置は、色光を発光する機能を有するフォトリソ結晶層20を備える。実施形態2の表示装置の構成は、図1に示した表示装置100および図2に示した表示装置200のいずれであってもよい。

【0045】フォトリソ結晶層20として、例えば、光造形法を用いて光硬化性樹脂でオパールレプリカ構造 (図3(a) 参照) のマトリクスを形成し、その空隙部分に発光材料を充填したものを好適に用いることができる。

【0046】発光材料は、有機系であっても良いし、無機系であってもよい。有機発光材料としては、 $\text{Alq}_3$  (Tris(8-hydroxyquinolato)aluminum(III)、ホスト材料) とジシアノキノジメタン (ドープアント材料) との組み合わせを赤色用発光材料として、 $\text{Alq}_3$  (ホスト材料) とキナクリドン (ドープアント材料) との組み合わせを緑色用発光材料として、また、ジスチルアリレン誘導体 (ホスト材料) とスチルルアミン誘導体 (ドープアント材料) との組み合わせを青色用の発光材料として用いることができる。また、ポリパラフェニレンビニレン誘導体等の高分子有機EL材料など、種々の公知の有機EL材料を用いることができる。無機発光材料としては、 $\text{ZnS:Mn}$  を赤色用発光材料として、 $\text{ZnS:TbOF}$  を緑色発光材料として、 $\text{SrS:Cu}$ 、 $\text{SrS:Ag}$  や  $\text{SrS:Ce}$  を青色用発光材料として用いることができる。この他、公知の無機EL材料を用いることができる。これらの発光材料は、例えば、スパッタ法、CVD法、電子線ビーム蒸着法等の成膜方法によって、フォトリソ結晶構造の空隙部分に導入することができる。

【0047】発光材料を導入されたフォトリソ結晶層20に電圧を印加 (または電流を供給) することによって、高輝度 (例えば、500 $\text{cd/m}^2$ ) の発光を得ることができる。この表示装置は、例えば、コントラスト比が1000:1以上で応答速度が1msecの表示を実現することができる。

【0048】さらに、輝度を向上するために、フォトリソ結晶層20に直接加工を施し回折格子を形成してもよいし、あるいは、フォトリソ結晶層20の光出射側に別途回折格子を設けてもよい。回折格子としては、例えば、特開2002-8868号公報に開示されている構成を好適に利用することができる。勿論、回折格子のピッチは各色光の波長および出射角について最適化する。このように、さらに回折格子を設けることにより、フォトリソ結晶層20は画素毎にそれぞれの波長の色光を発振する分布帰還型 (DFB) レーザーとして機能するので、高輝度 (例えば、1000 $\text{cd/m}^2$ ) の光を発光することができる。また、それぞれの発光の単色性が向上するという利点も得られる。



【0049】本実施形態においても、オパールレプリカ構造のフォトニック結晶層20を例示したが、フォトニック結晶構造に発光材料を導入したフォトニック結晶層20を用いることによって得られる上述の効果は、ウッドパイル型、ダイヤモンド型や反転ダイヤモンド型のフォトニック結晶構造を用いた場合においても同様に得られる。

【0050】

【発明の効果】本発明によると、高いエネルギー効率で選択的に特定の波長の光を取り出すことができるというフォトニック結晶の光学特性を利用した表示装置を提供することができる。

【0051】本発明の表示装置は、例えば光空間変調器、調光器、大型画面用プロジェクション・ディスプレイ、大画面テレビ用ディスプレイ、パソコン用ディスプレイ等の透過型又は非透過型表示デバイスに好適に用いられる。また、本発明の表示装置は、レーザープリンタ

用の光源としても用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による実施形態の表示装置100を示す模式的な断面図である。

【図2】本発明による他の実施形態の表示装置200を示す模式的な断面図である。

【図3】(a)～(d)は、本発明による実施形態の表示装置に好適に用いられるフォトニック結晶層20を模式的に示す図である。

【符号の説明】

10a、10b 基板

12a、12b 電極

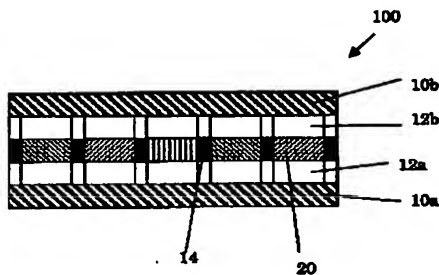
20、20a、20b、20c、20d フォトニック結晶層

20R 赤色用フォトニック結晶層

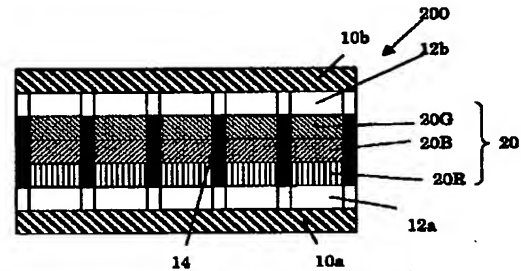
20G 緑色用フォトニック結晶層

20B 青色用フォトニック結晶層

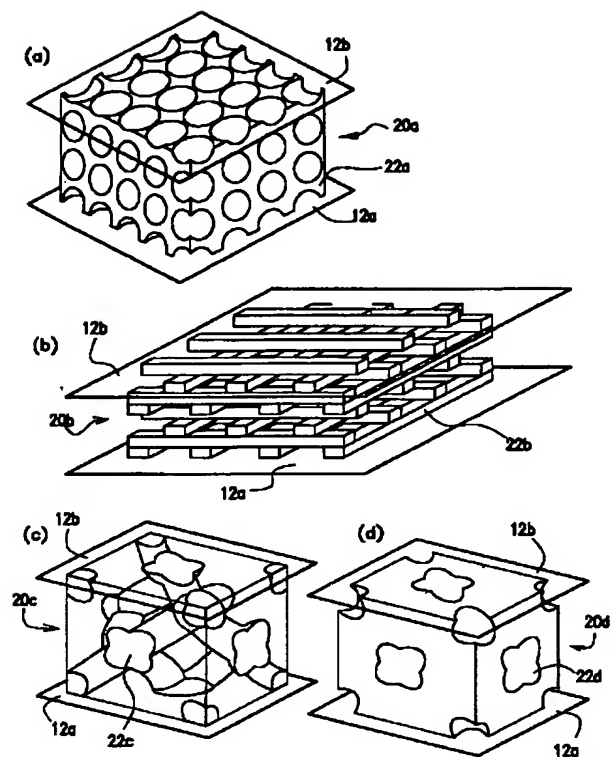
【図1】



【図2】



【図3】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**